Polski Instytut Ekonomiczny

5/2025

POLICY PAPER

W poszukiwaniu priorytetów rozwoju AI w Polsce

Cytowanie: Święcicki, I., Witczak, J. (2025), *W poszukiwaniu priorytetów rozwoju AI w Polsce*, Policy Paper, nr 5, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Policy Paper 5/2025
Warszawa, czerwiec 2025 r.
Autorzy: Ignacy Święcicki, Jakub Witczak
Redakcja merytoryczna: Paweł Śliwowski
Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska
Projekt graficzny: Anna Olczak
Skład i łamanie: Tomasz Gałązka
Polski Instytut Ekonomiczny
Al. Jerozolimskie 87
02-001 Warszawa
© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

Spis treści

Kluczowe wnioski 4

Wprowadzenie 6

1. Wykorzystanie AI w polskiej gospodarce 10

2. Stos technologiczny 12

Podstawowe warstwy stosu technologicznego 13

Elementy wertykalne 14

Kapitał 15

3. Priorytety wykorzystania AI – podejście sektorowe 18

Wyróżniające się branże przemysłowe 20

Wyróżniające się branże usługowe 24

4. Wyzwania przekrojowe 26

Ochrona zdrowia 26

Obronność i odporność 27

Energetyka 28

Podsumowanie 29

Rekomendacje 30

Aneks 1. Metodologia wyznaczania wskaźników. 32

Bibliografia 36

Spis ramek, schematów, tabel i wykresów 39

Kluczowe wnioski

- Niezwykle dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji i jej zastosowań wymaga przygotowania krajowej strategii działania. Elementem takiej strategii powinno być wskazanie priorytetów wiążących wsparcie dla rozwoju AI z polityką przemysłową. **W niniejszej publikacji wskazujemy trzy podejścia do tworzenia takich priorytetów: podejście wykorzystujące koncepcję stosu technologicznego, (dla określenia kluczowych zależności oraz potencjalnych nisz do zagospodarowania); podejście oparte na wskaźnikach gospodarczych i priorytetach polityki przemysłowej kraju; wykorzystanie koncepcji polityki publicznej opartej na misji (dla rozwiązywania kluczowych wyzwań społeczno-gospodarczych)**.

- Proponujemy model stosu technologicznego AI, ułatwiający wskazanie kluczowych zależności od zewnętrznych podmiotów, a także identyfikację potencjalnych nisz dla polskich podmiotów. Obecnie w wielu warstwach stosu występują silne zależności – szczególnie w produkcji sprzętu, usługach chmury obliczeniowej czy dużych modelach językowych. **Celem krajowej strategii w obszarze AI powinno być stopniowe zmniejszanie tych zależności** poprzez wspieranie krajowej (i europejskiej) produkcji oraz tworzenie oprogramowania.

- Na obecnym etapie rozwoju sztucznej inteligencji **należy traktować ją jako technologię ogólnego zastosowania – a zatem mającą istotny wpływ na procesy gospodarcze we wszystkich sektorach i branżach**. W związku z tym priorytety w zakresie wsparcia sektorowego **powinny wynikać z priorytetów dla polityki przemysłowej kraju**, czyli odwoływać się do innych strategii i planów działania. Określenie priorytetów w zakresie wsparcia rozwoju i wykorzystania AI w konkretnych sektorach gospodarki powinno opierać się również na zidentyfikowanych silnych stronach polskiej gospodarki. W opracowaniu proponujemy wskaźniki odwołujące się m.in. do ujawnionych przewag komparatywnych (przewagi eksportowe), dopasowaniu do krajowych inteligentnych specjalizacji czy udziału w krajowej wartości dodanej.

- O ile zmniejszanie zależności jest zadaniem długofalowym, o tyle **krótkoterminowo największy wpływ gospodarczy będzie miało upowszechnienie wykorzystania AI i związanych z tym aplikacji w firmach**. Polskie firmy odstają od unijnych pod względem wykorzystania technologii cyfrowych, w tym AI. Zmiana tego stanu rzeczy powinna być priorytetem, gdyż w innym przypadku polskie firmy mogą tracić udziały w rynku na rzecz szybciej modernizujących się zagranicznych konkurentów. Wdrażanie AI jest też szansą dla polskiego sektora IT – wypracowanie własnych rozwiązań w tym zakresie może wesprzeć tworzenie dużych, globalnych graczy.

- **Sztuczna inteligencja może mieć istotne znaczenie dla rozwiązywania kluczowych wyzwań społeczno-gospodarczych, takich jak poprawa jakości ochrony zdrowia, transformacja energetyczna czy zwiększenie bezpieczeństwa i odporności Polski**. Działania w każdym z tych obszarów wymagają koordynacji wielu sektorów gospodarczych oraz przecinają wszystkie warstwy stosu technologicznego. **Dlatego proponujemy podejście do nich w formule polityki publicznej opartej na misji**. Rolą rządu jest tu wskazanie jasnego i ambitnego celu, do którego realizacji przyczyniają się zarówno firmy, jak i administracja i trzeci sektor. Podobne podejście realizowane m.in. w Wielkiej Brytanii czy w niektórych działaniach UE rekomendujemy również dla Polski.

Wprowadzenie

Rozwój sztucznej inteligencji przyspieszył w ostatnich latach – teza ta jest już oczywista, a idą za nią konkretne działania po stronie rządów i administracji. Nadzieje i oczekiwania rozbudzone w ostatnim czasie dotyczą między innymi rozwiązania istotnych problemów społecznych (np. kwestie opieki zdrowotnej, transformacji energetycznej), przyspieszenia wzrostu gospodarczego czy usprawnienia administracji. Rozwój narzędzi wykorzystujących sztuczną inteligencję przynosi też jednak istotne społecznie wyzwania i ryzyka – począwszy od dezinformacji i podważania zaufania w społeczeństwach, przez wpływ na demokratyczne procesy wyborcze, po nierówności ekonomiczne czy obciążenie środowiska naturalnego.

Państwa reagują na te wszystkie zmiany i przechodzą od dyskusji do tworzenia dokumentów strategicznych i regulacji, podejmują konkretne działania. **OECD identyfikuje 355 dokumentów określanych jako krajowe strategie lub plany działania, przygotowane w 69 krajach** (www1). W tym zestawieniu jest jeden dokument z Polski – przygotowana w 2021 r. Polityka dla rozwoju AI w Polsce. Tak duża liczba globalnych inicjatyw wskazuje na znaczenie, jakie technologiom sztucznej inteligencji, ich kontroli, rozwojowi i wykorzystaniu przypisują rządy na całym świecie.

Wśród inicjatyw gromadzonych i analizowanych przez OECD w 57 znajdują się odniesienia do działań na poziomie sektorów gospodarczych, 19 odnosi się do tworzenia infrastruktur cyfrowych, także 19 do dostępu i dzielenia się danymi. Krajowe strategie wskazują też na wyzwania społeczne, w których rozwiązaniu ma być wykorzystywana sztuczna inteligencja. Najczęściej wymienianym wyzwaniem są kwestie inkluzywności (w tym m.in. niepewności na rynku pracy), zdrowia oraz zrównoważonego rozwoju i kwestii klimatyczno-energetycznych.

Niniejsza publikacja zawiera rekomendacje dla aktualizacji Polityki dla rozwoju AI w Polsce, nad którą trwają obecnie prace w polskim rządzie. Wpisuje się przy tym w trendy widoczne w opisanych powyżej analizach krajowych dokumentów przygotowanych przez OECD – zawiera odniesienie do sektorów gospodarczych; wskazówki w zakresie podejścia do rozwoju infrastruktury i udostępniania danych; odniesienie do kluczowych wyzwań społecznych. Nasze podejście różni się nieco od dotychczas spotykanych analiz. **Staramy się nie tyle odpowiedzieć na pytanie „co wspierać?" ale „jak wybrać obszary, którym udzielone będzie wsparcie?"**. W tym sensie nasz dokument ma służyć jako wskazówka i podstawa do decyzji zapadających na szczeblu politycznym, a nie być źródłem jednoznacznych rozwiązań.

W niniejszym opracowaniu proponujemy 3 uzupełniające się podejścia do identyfikacji kluczowych obszarów dla rozwoju AI w Polsce:

1) **Podejście oparte na „stosie technologicznym" – koncepcja opisująca schematycznie kolejne elementy, które tworzą szeroko rozumianą**

sztuczną inteligencję (Bria, Timmers, Gernone, 2025). Do elementów tych należą: warstwa sprzętowa (*hardware*), sieciowa (centra danych, sieci telekomunikacyjne), oprogramowania (m.in. modele AI) oraz aplikacyjna. W rozdziale 2 prezentujemy poszczególne etapy wytwarzania i wykorzystania technologii sztucznej inteligencji za pomocą koncepcji stosu technologicznego. Uwzględniliśmy też potencjał wynikający z rozwijania poszczególnych warstw stosu oraz występujące przeszkody.

Celem polityki AI w tym podejściu powinno być identyfikowanie potencjału gospodarczego oraz występowania nisz w poszczególnych warstwach stosu, a także zmapowanie zależności technologicznych i próba ich ograniczenia.

W obecnej sytuacji, rosnącego znaczenia cyberbezpieczeństwa, rozwoju technologii autonomicznych (w tym podwójnego zastosowania i wojskowych) oraz gdy kwestia kontroli nad technologiami staje się kluczowa dla bezpieczeństwa, zdolność do wytwarzania niektórych technologii powinna być traktowana jako wartość sama w sobie, a nie jedynie rozpatrywana w kategoriach ekonomicznych.

2) **Podejście oparte na wyłonieniu kluczowych obszarów przemysłowych i usługowych ze względu na ich rolę i znaczenie gospodarcze**. Podejście to zakłada, że na obecnym etapie trudno jest wskazać precyzyjnie, w jakich obszarach sztuczna inteligencja będzie miała znacząco większe zastosowanie niż w innych. **AI jest traktowana jako technologia ogólnego zastosowania**, która zmieni działania w zasadzie wszystkich obszarów gospodarki – stąd do wskazania priorytetów sektorowych powinny być wykorzystane miary niezależne od samej sztucznej inteligencji.

Celem Polityki AI w tym podejściu powinno być wskazanie priorytetowych sektorów gospodarki, uwzględniające przede wszystkim sytuację gospodarczą Polski i priorytety strategiczne polityk rozwojowych.

W rezultacie w rozdziale 3 proponujemy wyłonienie obszarów na podstawie wskaźników, takich jak przewagi w handlu międzynarodowym (wskaźnik ujawnionych przewag komparatywnych) (Mishra i in., 2023), wartość dodana czy udział krajowej wartości dodanej w sektorze. Uwzględniliśmy także zgodność z dokumentami strategicznymi, w tym 15 obszarami z *Polityki Promocji Gospodarczej Polski* (MRiT, 2025a; 2025b) i Krajowymi Inteligentnymi Specjalizacjami (www2) oraz zaawansowanie techniczne produktów sektora.

Podejście oparte na występujących przewagach ekonomicznych zastosowano także we włoskiej Strategii AI (Rząd Włoch, 2021; Dipartimento per la transformacione digitale, AGID, 2024), singapurskiej Strategii AI (Rząd Republiki Singapuru, 2023) oraz zaproponowano w AI Continent Action Plan przez Komisję Europejską (Komisja Europejska, 2025), jako drogę do efektywnego wykorzystania już obecnej w Europie wiedzy sektorowej.

3) **Podejście oparte na „wielkich wyzwaniach" – kluczowych, złożonych problemach społeczno-gospodarczych, w których rozwiązaniu rola AI może być istotna**. Na obecnym etapie proponujemy trzy obszary takich wyzwań: **ochrona zdrowia, bezpieczeństwo oraz energetyka**. W każdym z tych obszarów wykorzystanie sztucznej inteligencji może przynieść korzyści społeczne i gospodarcze. Jednocześnie złożoność tych systemów nie pozwala na przypisanie ich tylko do jednego działu gospodarki czy jednej warstwy stosu technologicznego. Dodatkowo obszary te mają istotny aspekt gospodarczy. Bez działań pobudzających wytwarzanie sprzętu i oprogramowania w kraju, ochrona zdrowia, bezpieczeństwo i energetyka mogą przekształcić się w kolejne obszary silnych zależności od graczy zagranicznych.

Celem polityki AI w tym podejściu powinno być zdefiniowanie kilku (dwóch-trzech) takich wyzwań, a następnie przeznaczenie środków i zasobów na ich rozwiązanie.

Systemowe wyzwania strategiczne zidentyfikowano na podstawie analizy strategii AI innych państw Europy i świata, rozmów z ekspertami przeprowadzonych przez PIE oraz rekomendacji wypracowanych przez Grupę Doradczą ds. AI (GRAI, 2024a, 2024b) oraz Kapitułę AI (Rzeźnik, Kaczorowska-Spychalska, 2024).

Inne opracowania definiujące priorytety AI

Nasze podejście uzupełnia istniejące materiały skupione na wskazywaniu priorytetów dla rozwijania i wykorzystania sztucznej inteligencji. Dotychczasowe opracowania obejmują przede wszystkim wskazywanie potencjału AI w poszczególnych branżach i działach gospodarki. W opracowaniu GRAI (2024b) uwzględnione są takie obszary jak przemysł, energetyka, budownictwo, rolnictwo czy ochrona zdrowia. Oprócz opisu potencjału AI podawane są przykłady istniejących zastosowań, a także wskazywane priorytety dla dalszych działań. Podejście takie jest komplementarne do zaproponowanego przez nas podejścia opartego na wskaźnikach gospodarczych. Wybór kluczowych działów dla wdrażania AI ze względu na potencjały gospodarcze może

być uzupełniony branżową wiedzą, która pozwala na wskazanie konkretnych przykładów wdrożeń w danym dziale.

Z kolei GRAI (2024a) łączy podejście uwzględniające szeroko zdefiniowane obszary oddziaływania AI (tzw. „areny") ze wskazaniem konkretnych projektów, które miałyby uzyskać priorytet przy realizacji polskiej strategii. Opracowanie zawiera również identyfikację kluczowych obszarów dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce. **Takie wieloaspektowe podejście znajduje odbicie zarówno w proponowanych przez nas wielkich wyzwaniach, jak i w koncepcji stosu technologicznego**.

Inne podejście proponują Rzeźnik oraz Kaczorowska-Spychalska (2023; 2024). Autorzy ci analizują dostępne opracowania i publikacje naukowe, a także źródła internetowe, pod kątem już istniejących rozwiązań wykorzystujących algorytmy sztucznej inteligencji lub pod kątem obszarów badań lub publikacji wskazujących potencjał dla AI. Pierwsze podejście pokazuje, że potencjał rozwiązań opartych na AI występuje w zasadzie we wszystkich Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach. Drugie z kolei, że na obecnym etapie badania i publikacje sugerują zarówno potencjał AI w konkretnych branżach (finanse, rolnictwo), jak i wskazują na rozwijanie narzędzi, które będą miały zastosowanie w wielu działach gospodarki (przetwarzanie języka naturalnego, wizja komputerowa). **Opracowania te uzasadniają tezę, że na obecnym etapie trudno wskazać precyzyjnie te sektory czy działy gospodarki, w których zastosowanie AI będzie miało największe znaczenie**.

Warto też zwrócić uwagę na podejścia proponowane przez firmy consultingowe. W niedawnym opracowaniu McKinsey Global Institute (Bradley i in., 2024) autorzy wskazują na najbardziej obiecujące branże pod kątem wzrostu przychodów. Wśród tych branż pojawiają się wszystkie elementy opisanego przez nas stosu technologicznego. Są tam zarówno półprzewodniki, jak i centra danych oraz oczywiście sam rozwój sztucznej inteligencji – zarówno modeli, jak i aplikacji. Dodatkowo jako szybko rozwijająca się arena pojawia się cyberbezpieczeństwo wpisujące się w standardy bezpieczeństwa, opisane w naszym modelu stosu technologicznego. **Podejście zaproponowane przez McKinsey Global Institute z jednej strony uzasadnia szukanie priorytetów gospodarczych przy wykorzystaniu ogólnych wskaźników gospodarczych** (w tym przypadku prognoz wzrostu przychodów), **z drugiej wskazuje na wagę, jaką ma zidentyfikowanie odpowiednich nisz w ramach różnych warstw stosu technologicznego**. Jeśli tego typu prognozy miałyby się sprawdzić, to firmy produkujące towary lub świadczące usługi, które wpisują się w szybko rosnące „areny przyszłości" mogą liczyć na duży wzrost zysków i znaczący rozwój. Z kolei wizja przedstawiana przez Boston Consulting Group (de Bellefonds i in., 2024) oraz PwC (www3) wskazuje na szeroki, międzysektorowy potencjał zastosowania sztucznej inteligencji w gospodarce i zwraca przy tym uwagę na możliwe różnice w korzyściach ekonomicznych, w zależności od branży i procesów biznesowych, w których technologia będzie wykorzystywana.

1. Wykorzystanie AI w polskiej gospodarce

Polskie przedsiębiorstwa odstają od średniej unijnej pod względem wykorzystania technologii cyfrowych, a także jeśli chodzi o odsetek już korzystających ze sztucznej inteligencji. Luka ta jest szczególnie istotna w przypadku małych przedsiębiorstw. Z kolei duże firmy osiągają poziom cyfryzacji porównywalny ze średnią UE.

Wykorzystanie technologii sztucznej inteligencji pozostawało również niższe od przeciętnego dla Unii Europejskiej w poszczególnych elementach działalności organizacji. W zbiorczej perspektywie, przedsiębiorstw zatrudniających przynajmniej 10 pracowników, zaledwie 5,9 proc. polskich podmiotów wykorzystywało jakiś rodzaj sztucznej inteligencji w 2024 r., co plasowało Polskę na drugim od końca miejscu w Unii Europejskiej, jedynie przed Rumunią. Przyjmując podejście sektorowe obserwujemy, że polskie przedsiębiorstwa wykorzystywały sztuczną inteligencje przynajmniej dwukrotnie rzadziej, niż wynikałoby ze średniego wyniku UE, z wyjątkiem sektora Informacji i komunikacji (sekcja J), który osiągał 67 proc. przeciętnego unijnego wykorzystania AI.

Polskie podmioty wykorzystywały AI rzadziej niż wynikałoby ze średniej unijnej, we wszystkich badanych procesach składających się na działalność przedsiębiorstwa. Zarówno polskie, jak i unijne podmioty najpowszechniej korzystały z AI w marketingu, natomiast mniej niż 1 proc. przedsiębiorstw wykorzystywało tę technologię w logistyce. Należy jednak pamiętać, że ze względu na dynamicznie zachodzące zmiany w obszarze technologii sztucznej inteligencji, dostępne dane pochodzące z pierwszej połowy 2024 r., mogą być zdezaktualizowane i nie oddawać stanu rzeczywistego.

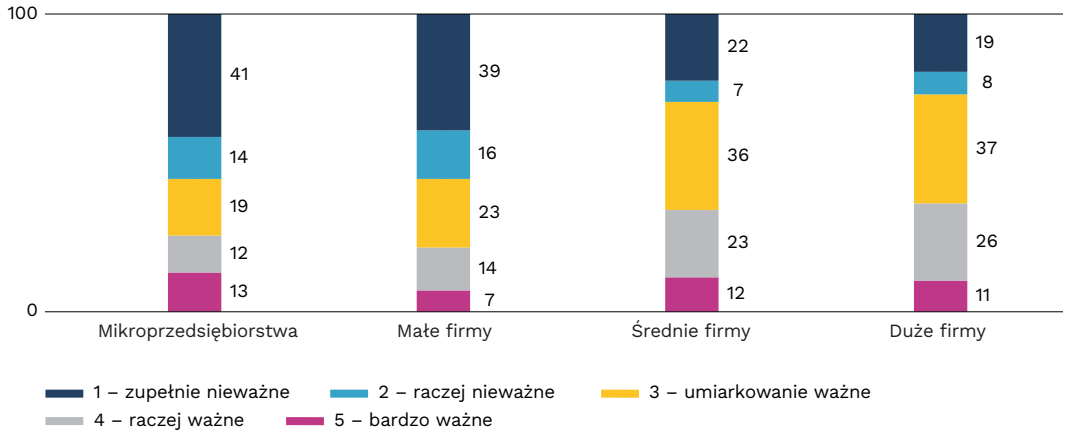
Z punktu widzenia wykorzystania AI dla podnoszenia potencjału produktywności polskiej gospodarki istotne wydaje się spojrzenie, jak duży jest potencjał przyjmowania nowych rozwiązań przez firmy dotychczas unikające cyfryzacji.

Jak wynika z badania przeprowadzonego przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii[1] aż 33 proc. polskich mikro, małych i średnich przedsiębiorstw nie było zainteresowanych wykorzystaniem technologii cyfrowych w ogóle. Z tymi danymi korespondują wyniki badania przeprowadzonego przez Polski Instytut Ekonomiczny, według których znaczna część polskich przedsiębiorstw ocenia potrzebę dokonywania inwestycji w maszyny, urządzenia lub sztuczną inteligencję w celu zwiększenia produktywności jako nieistotną.

[1] *Advancing The Digital Transformation of Polish Enterprises.*

Aż 55 proc. mikro i małych przedsiębiorstw oceniło potrzebę takich inwestycji jako nieistotną. **Nie są to optymistyczne dane pod kątem zwiększania wykorzystania sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach**, ponieważ MŚP stanowią zdecydowaną większość działających w Polsce podmiotów (99,8 proc. w 2023 r.) (www24) i odpowiadały za generowanie 45,3 proc. polskiego PKB. Bez zaangażowania mikro, małych i średnich przedsiębiorstw niemożliwe jest upowszechnienie wykorzystania technologii AI w gospodarce.

Wykres 1. Odpowiedź na pytanie: Jak Pan/i ocenia znaczenie potrzeby zwiększenia produktywności pracy przez wykorzystanie maszyn, urządzeń i sztucznej inteligencji (AI) przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych? (w proc.)



Uwaga: wartości nie sumują się do 100 proc. ze względu na zaokrąglenia.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie badania na próbie 1000 przedsiębiorstw.

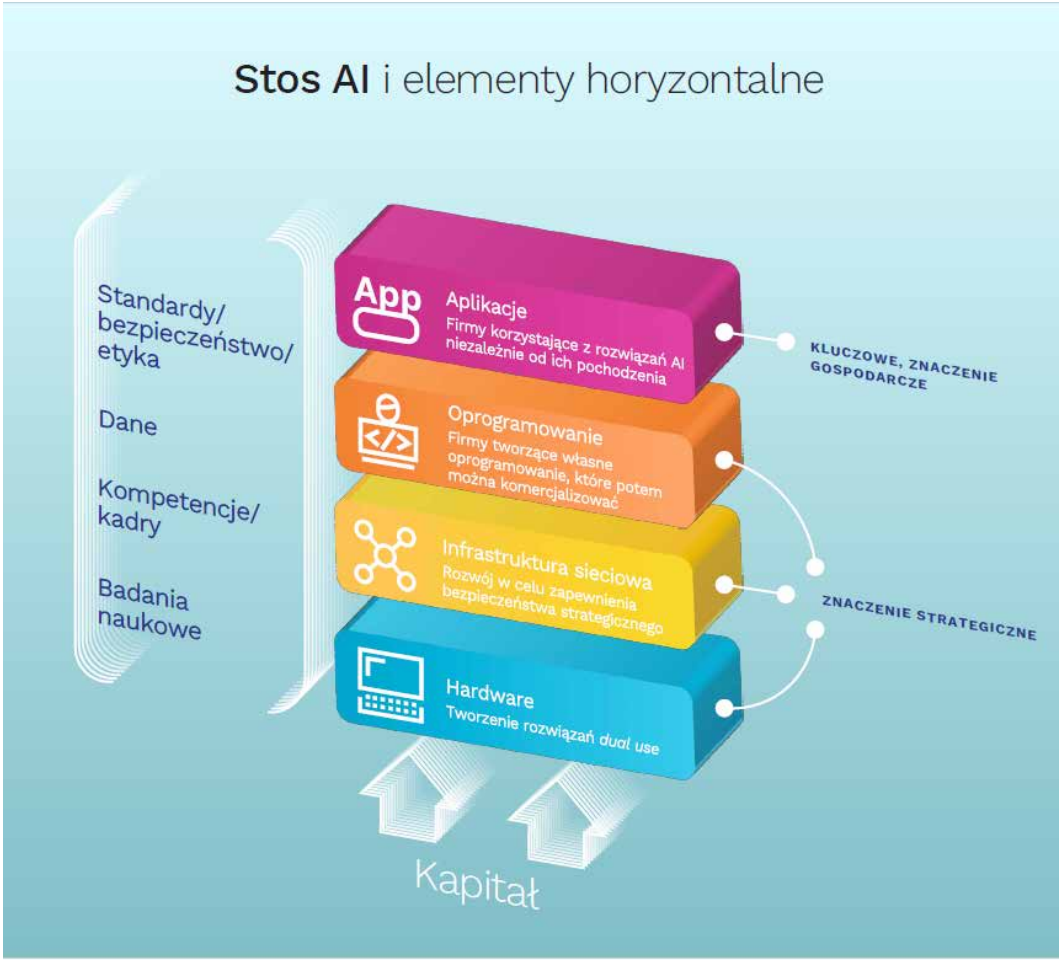
Przyjrzeliśmy się również danym mogącym świadczyć o potencjale wdrażania rozwiązań z obszaru sztucznej inteligencji w przyszłości. Jako przybliżenie tego potencjału przyjęliśmy zastosowanie oprogramowania biznesowego typu CRM, ERP lub BI[2] przez polskie firmy. Skuteczne przyjęcie tych rozwiązań wymaga działań na poziomie całego przedsiębiorstwa, w tym dostosowania procesów organizacyjnych, stworzenia procedur czy wdrożenia zarządzania opartego na danych. Również w przypadku tych wskaźników wynik polskich podmiotów pod względem wykorzystania tych technologii jest zauważalnie gorszy od średniego wyniku w Unii Europejskiej. Podobnie jak w przypadku bardziej ogólnego wskaźnika intensywności cyfrowej, wynik polskich przedsiębiorstw przemysłowych jest względnie najgorszy w porównaniu ze średnim wynikiem podobnych przedsiębiorstw w UE.

[2] CRM – system zarządzania relacjami z klientem; ERP – system planowania zasobów przedsiębiorstwa; BI – system do analizy biznesowej.

2. Stos technologiczny

Koncepcja stosu technologicznego jest pierwszym podejściem wspierającym identyfikację priorytetów dla rozwoju AI, które proponujemy. Rozwiązania powszechnie nazywane „sztuczną inteligencją", aby działać, wymagają szeregu rozwiązań software'owych i sprzętowych.

Schemat 1. Stos technologiczny dla rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji



Źródło: opracowanie własne PIE.

Nasza propozycja jest schematycznym przedstawieniem tego, co składa się na te rozwiązania. Celem nie jest dokładne odzwierciedlenie złożonych relacji, ale ułatwienie skupienia uwagi na najważniejszych kwestiach. Przedstawiona koncepcja stosu jest tylko jedną z możliwych wersji, przygotowaną przez nas na podstawie rozmów z ekspertami oraz przeglądu podobnych koncepcji dostępnych w innych publikacjach.

Podstawowe warstwy stosu technologicznego

- ***Hardware*** to pierwszy poziom stosu. **Skupia się w nim cały proces projektowania i wytwarzania fizycznych elementów, niezbędnych do tworzenia i wykorzystywania sztucznej inteligencji**. W skład tego poziomu wchodzi wytwarzanie procesorów, akceleratorów AI czy wszelkiego rodzaju czujników oraz urządzeń i maszyn generujących i zbierających dane. W związku z tym, że rozpoczęcie procesu produkcyjnego wymaga znacznych nakładów kapitałowych, **na tym poziomie występują wysokie bariery wejścia oraz niewielka liczba polskich producentów**. Potencjał do rozwoju tego poziomu stanowią m.in. produkty podwójnego przeznaczenia, wytwarzane na potrzeby wojska i obronności, a także rozwiązania z sektora kosmicznego. Rozwój tego typu produkcji powinien być wspierany przez środki publiczne i generować popyt na krajowe rozwiązania we wczesnej fazie rozwoju produktu. Pozwala to na późniejsze skalowanie i w przypadku sukcesu – na eksport tak wypracowanych rozwiązań (Jęcz, 2025).

- Poziom **Infrastruktury sieciowej** łączy w sobie tworzenie, utrzymywanie i zarządzanie infrastrukturą niezbędną do funkcjonowania AI, w tym **superkomputerami, centrami danych czy sieciami telekomunikacyjnymi**. Obecnie w zakresie chmury obliczeniowej warstwa ta jest w przeważającej mierze obsługiwana przez podmioty amerykańskie, dążące do utrzymania sprawowanej w ten sposób kontroli. Taka zależność jest też identyfikowana w skali całej UE (Draghi, 2024). Jeśli chodzi o sieci telekomunikacyjne, to sytuacja w Polsce jest znacznie bardziej zróżnicowana, a usługi przesyłu danych oferowane są zarówno przez firmy polskie, jak i europejskie.

  Rozwijanie krajowej lub europejskiej warstwy infrastruktury sieciowej, również poprzez inwestycje publiczne, ma znaczenie w budowaniu bezpieczeństwa strategicznego. Identyfikujemy przenoszenie kluczowych procesów do zaufanych centrów danych jako istotne dla bezpieczeństwa.

  W tę warstwę wpisują się także fabryki AI – tworzone w ramach inicjatywy UE centra naukowo-badawcze skupione wokół superkomputerów. Jedno tego typu centrum jest zlokalizowane w Polsce (PCSS w Poznaniu). Podobny ośrodek może powstać w najbliższym czasie w Krakowie (Cyfronet AGH).

- **Oprogramowanie** to warstwa odpowiedzialna za wytwarzanie systemów komputerowych (w przypadku AI przede wszystkim modeli AI), które dają środowisko bądź zestaw podstawowych funkcjonalności dla uruchamiania aplikacji. Do tej warstwy zalicza się np. tworzenie fundacyjnych modeli sztucznej inteligencji, które stanowią podstawę do przeprowadzania późniejszych wdrożeń. Tworzenie własnych modeli ma znaczenie zarówno z punktu widzenia postępu naukowego, jak i utrzymania kontroli nad działaniem takiego modelu. Przykładami lokalnie rozwijanych modeli są polskie duże modele językowe, PLLuM oraz Bielik. Istotną specjalizacją Polski w tej warstwie może być tworzenie mniejszych, wyspecjalizowanych modeli, a także rozwijanie modeli otwartoźródłowych (*open source*).

- Warstwa **Aplikacji** skupia się na zastosowaniu narzędzi korzystających z algorytmów sztucznej inteligencji. Mogą to być zarówno rozwiązania przygotowywane pod specyficzne potrzeby danego przedsiębiorstwa, jak i gotowe rozwiązania krajowych lub zagranicznych dostawców. **W warstwie tej zawarty jest największy potencjał ekonomiczny, przynajmniej w krótkim okresie**. Wdrożenie rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję w firmach może z jednej strony podnieść ich produktywność, a z drugiej przyczynić się do rozwoju polskiego sektora IT. Należy przy tym wskazać na istotną barierę, jaką jest niska gotowość firm w Polsce do wdrażania rozwiązań cyfrowych.

  Identyfikujemy w tej warstwie problemy kompetencyjne kadry zarządzającej i wdrażającej, która nie wykazuje świadomości i otwartości na podejmowanie inwestycji w rozwiązania sztucznej inteligencji oraz problemy regulacyjne, wynikające z przepisów na poziomie UE.

Elementy wertykalne

Funkcjonowanie stosu wymaga także elementów wertykalnych, przenikających jego warstwy.

- Wskazujemy na **dane** jako kluczowy zasób dla rozwoju sztucznej inteligencji. Ten element zawiera zarówno dane osobowe, jak i standaryzowane dane przemysłowe, zanonimizowane dane medyczne czy dane publiczne wysokiej jakości. Znaczenie danych przekłada się szczególnie na warstwę oprogramowania i aplikacji – żadna z nich nie będzie się mogła rozwijać bez dostępu do danych o odpowiedniej jakości. **Kluczowym wyzwaniem jest umiejętność zbierania takich danych przy zachowaniu odpowiedniej jakości, a także późniejsze ich przechowywanie i udostępnianie**. Dla zwiększenia podaży danych w niektórych wrażliwych obszarach w UE są wypracowywane i testowane nowe rozwiązania organizacyjne (m.in. europejska przestrzeń danych zdrowotnych oraz inne przestrzenie danych).

  Z kolei interakcja z warstwą infrastruktury sieciowej dotyka kwestii kontroli i dostępu do danych. Kompetencje w tym zakresie powinny być budowane zarówno w sektorze prywatnym (dane firmowe), jak i publicznym.

- Kolejnym elementem wertykalnym są **kadry i ich kompetencje**, niezbędne do odpowiedniego zbierania danych, rozwoju nowych rozwiązań, utrzymania infrastruktury oraz skutecznych wdrożeń. **Warstwa ta dotyka zarówno szeroko rozumianych kompetencji cyfrowych i powszechnego obeznania z AI, jak i kompetencji specjalistycznych: technicznych i zarządczych**. Wdrożenia rozwiązań AI (oraz szerzej, rozwiązań cyfrowych w ogóle) napotykają często na bariery w podejściu kadry kierowniczej przedsiębiorstw (MRiT, 2024). Jednocześnie wymagane są kompetencje dotyczące gromadzenia danych, nie tylko techniczne, ale także zarządcze, dające liderom zrozumienie znaczenia danych i możliwości ich wykorzystania.
- Jako odrębny element proponujemy uwzględnienie **badań naukowych** – działań skupionych na zwiększaniu zasobu wiedzy, bez skupiania na bezpośredniej implementacji w rozwiązaniach rynkowych. Do tej warstwy można również zaliczyć prace badawcze i naukowe w obszarze AI (np. Instytut Badawczy IDEAS).
- Ostatnim wertykalnym elementem stosu technologicznego **standardy, w tym kwestie bezpieczeństwa i etycznego korzystania z AI**. Ten element ma – przynajmniej krótkoterminowo – mniejsze przełożenie na wyniki biznesowe i gospodarcze, jednak **w dłuższym okresie może stanowić element polskiej niszy AI**. Wraz z upowszechnieniem się sztucznej inteligencji będzie rósł popyt również na rozwiązania, zapewniający wysoki poziom bezpieczeństwa czy niezawodności.

Kapitał

- Warunkiem koniecznym dla włączenia Polski w działania na wszystkich etapach stosu technologicznego AI jest **dostęp do kapitału**, w tym kapitału wysokiego ryzyka. Podobnie jak w innych politykach wspierania innowacyjności, kapitał publiczny ma zasadniczą rolę w finansowaniu badań podstawowych a także aplikacyjnych. W polskich warunkach wsparcie publiczne dla kapitału wysokiego ryzyka jest wciąż niezbędne, choć należy tu mobilizować również źródła prywatne. **Istotne dla pobudzania popytu na innowacyjne rozwiązania mogą też być firmy będące pod kontrolą skarbu państwa**. Wreszcie, należy też wspierać inwestycje ze środków prywatnych i przyciąganie kapitału inwestycyjnego do Polski (przez odpowiednie warunki do tworzenia nisz i specjalizacji związanych ze sztuczną inteligencją).

Warstwy *Hardware*, Infrastruktura sieciowa i Oprogramowanie identyfikujemy jako mające **znaczenie strategiczne i długofalowe**. Umożliwiają one rozwój wiedzy, technologii, kompetencji i budowanie suwerenności technologicznej. W tych warstwach najsilniejsze są obecnie zależności od zewnętrznych aktorów (producentów sprzętu, dostawców chmury obliczeniowej, twórców i właścicieli modeli), które rodzą istotne ryzyka gospodarcze i dla bezpieczeństwa. **Warstwa Aplikacji ma największy potencjał gospodarczy w krótkim okresie**, kiedy wykorzystanie AI w przedsiębiorstwach może realnie decydować o utrzymaniu ich konkurencyjności.

Ramka 1. Przykłady polskich nisz w ramach stosu AI

W zasadzie w każdym elemencie zaproponowanego przez nas modelu stosu technologicznego można wskazać nisze lub obszary, które polskie przedsiębiorstwa i instytucje próbują zajmować. Jednocześnie jednak, jak wynika z prowadzonych na potrzeby niniejszego tekstu rozmów z ekspertami, nie ma jeszcze wyłonionej konkretnej specjalizacji, która stanowiłaby naszą rozpoznawalną markę.

W warstwie sprzętowej przykładami istotnych nisz, w których działają polskie firmy mogą być:

Inteligentne liczniki instalowane w punktach poboru energii elektrycznej są często produkowane przez polskie firmy. Są to kluczowe urządzenia umożliwiające zbieranie danych o zużyciu energii elektrycznej, co umożliwia prognozowanie popytu i zarządzanie nowoczesnymi sieciami elektroenergetycznymi.

Innym przykładem jest **Creotech Instruments** – firma tworząca m.in. satelity oraz urządzenia pomiarowe wykorzystywane w obserwacji Ziemi. Produkcja sprzętu jest jednym z ogniw rozwijanej polskiej niszy w zakresie programów obserwacji Ziemi (Jęcz, 2025).

Oprócz tego polsko-fiński *start-up* **ICEYE** stworzył konstelację satelitów obserwacyjnych, wyposażonych w radary z aperturą syntetyczną.

W kontekście infrastruktury istotne są też powstające w Polsce tzw. **fabryki AI**. Pierwsza tego typu instytucja powstaje w Poznaniu, kolejna planowana jest w Krakowie. Zapewniony w ten sposób dostęp do dużych mocy obliczeniowych ma przyczynić się nie tylko do rozwoju badań naukowych, ale też do wsparcia przedsiębiorstw i *start-upów*.

Rozwój polskiego sektora kosmicznego widoczny jest również warstwie infrastruktury sieciowej. Firma **CloudFerro** tworzy tzw. *Data Lake* – repozytorium danych, przechowywanych w modelu *multi-cloud*, do jednego z najważniejszych projektów naukowych w UE – *Destination Earth* (projekt mający na celu stworzenie cyfrowego bliźniaka Ziemi) (www4).

W kolejnej warstwie – oprogramowania – warto przywołać tworzone w Polsce **duże modele językowe Bielik i PLLuM**. Ten pierwszy, rozwijany przez Fundację SpeakLeash, we współpracy z Akademickim Centrum Komputerowym Cyfronet AGH, jest rozpoznawalny na świecie, m.in. poprzez współpracę nawiązaną z NVIDIA (www5).

Ten drugi rozwijany w konsorcjum m.in. Politechniki Wrocławskiej, NASK, IPI PAN, OBI PIB, Uniwersytetu Łódzkiego oraz IS PAN, jest otwartoźródłowym modelem, który ma znaleźć zastosowanie m.in. w aplikacji mObywatel (www6).

W warstwach wertykalnych również można wskazać na przykłady działań podejmowanych w Polsce. W zakresie **danych** wspomniane już rozwiązania CloudFerro dotyczą danych przechowywanych i przetwarzanych w ośrodkach komputerów wysokiej mocy w całej UE. Z kolei w obszarze medycyny projekty mające na celu lepszą diagnostykę obrazową realizowane są m.in. przez zespół naukowców z Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (www7).

Powołany wiosną 2025 r. **Instytut Badawczy IDEAS** ma być centralnym ośrodkiem organizującym i wspierającym **badania naukowe** w obszarze sztucznej inteligencji – z naciskiem na prace w obszarze technologii podwójnego zastosowania.

W warstwie **standardów** należy podkreślić zaangażowanie Polski w tworzenie wytycznych w ramach Globalnego Partnerstwa na rzecz AI (GPAI) (www8) czy w Radzie Europy. Temat ten jest mocno zaznaczony w Polityce Rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce (Ministerstwo Cyfryzacji, 2025), a także w pracach działających w Polsce zespołów, które rozwijają duże modele językowe. Prace zmierzające do tworzenia rzetelnej czy też wiarygodnej AI, a więc opartej na standardach wysokiej jakości, prowadzone są także w ośrodkach naukowych przez czołowych polskich specjalistów z obszaru sztucznej inteligencji (np. na Politechnice Warszawskiej) (www9).

Warto też wspomnieć o **projektach dotyczących edukacji**. W tym obszarze aktywnych jest wielu aktorów – z jednej strony instytucje publiczne, kierujące środki i działania do przedsiębiorców (m.in. PFR). Projekty edukacyjne dotyczące sztucznej inteligencji wpisane są także do „Programu Rozwoju Kompetencji Cyfrowych", przyjętego przez Radę Ministrów w 2023 r. Są one uzupełniane przez działania największych firm technologicznych, takich jak Google czy Microsoft (www10; www11).

Ostatnim elementem niezbędnym do budowy w Polsce stosu technologicznego AI jest dostęp do kapitału. Z nowych inicjatyw warto tu podkreślić **Deep Tech Fund**, prowadzony przez MF, PFR Ventures i PRF (www12). W ramach tego działania ok. 300 mln PLN funduszy publicznych oraz 300 mln PLN funduszy prywatnych ma trafić do funduszy VC. Te z kolei mają przyczynić się do rozwoju polskich młodych, innowacyjnych spółek. Z kolei dofinansowanie do budowy fabryki AI w Poznaniu wyniesie 200 mln PLN z Unii Europejskiej oraz 340 mln PLN ze źródeł krajowych (www13).

3. Priorytety wykorzystania AI – podejście sektorowe

W drugim proponowanym podejściu, w celu wyłonienia sektorów priorytetowych, proponujemy wykorzystanie szeregu wskaźników gospodarczych. Łączą one podejście bazujące na potencjale gospodarczym oraz już identyfikowane sektory istotne gospodarczo.

Wskaźniki dotyczące konkurencyjności międzynarodowej pozwalają określić, w których sektorach już obecnie polskie firmy są w stanie skutecznie konkurować na rynkach zagranicznych. **Przyjęcie tych wskaźników wpisuje się w logikę wspierania już istniejących mocnych stron gospodarczych**. Firmy działające na rynkach zagranicznych są z jednej strony wystawione na bardziej intensywną konkurencję, a z drugiej działają często w otoczeniu, w którym na większą skalę wykorzystywane są narzędzia cyfrowe. Wzmocnienie ich przez wykorzystanie sztucznej inteligencji pozwoli utrzymać ich obecną pozycję oraz daje pole do dalszego rozwoju na rynku większym niż krajowy.

Z kolei wskaźniki mierzące obecną wartość gospodarczą pokazują w bardziej standardowy sposób pozwalają zidentyfikować znaczenie sektora w gospodarce. Posługując się klasyfikacją na poziomie działów PKD zdajemy sobie sprawę, że do jednej grupy trafiają bardzo różne firmy i bardzo różne produkty. Jednak przez podobieństwo procesów biznesowych (w tym produkcyjnych) w firmach z jednego działu może sprzyjać rozszerzaniu się wykorzystania AI od pionierów do innych przedsiębiorstw.

To ostatnie zastrzeżenie jest w pewnej mierze adekwatne do wskaźnika identyfikującego **sektory wysokiej techniki**. Produkty trafiające do tej kategorii (np. technologie kosmiczne) są „ukryte" w różnych działach PKD. W celu zachowania spójności w niniejszej analizie, przyjęliśmy jednak założenie, że pracujemy na wyższym poziomie agregacji danych – jest to również spójne z założeniem o szerokich zastosowaniach sztucznej inteligencji, nieograniczonych do kilku wąskich branż czy typów produkcji.

Wreszcie grupa wskaźników dotyczących preferencji dla danego sektora ma na celu spójne podejście do polityki gospodarczej na wielu poziomach. Jeśli polityka przemysłowa w Polsce ma wspierać sektory w ramach budowy potencjału eksportowego, transformacji technologicznej czy poprawy konkurencyjności kraju, to nie ma powodu, żeby nie wzmocnić działań przez uwzględnienie priorytetów mających na celu rozwój i wykorzystanie AI.

Poza grupą wskaźników podstawowych proponujemy też kilka wskaźników pomocniczych – w naszej opinii mogą stanowić wsparcie dla procesu wyłaniania sektorów priorytetowych. **Do tej grupy należy zaliczyć miary wielkości przedsiębiorstw**. Obecność w sektorze dużych firm może ułatwiać wdrożenia nowoczesnych narzędzi – jak wynika z danych, duże firmy są bardziej zaawansowane w procesach cyfryzacji i wykorzystaniu AI (Baranowski, 2025). Jest to w pewnej mierze szansa krótkoterminowa – nisko wiszący owoc dla wykorzystania potencjału AI. Jednocześnie preferowanie większych firm może podtrzymywać nierówności w rozwoju gospodarczym i zaawansowaniu technologicznym firm. Odwrotny wskaźnik, tj. udział małych i średnich firm, może być z kolei wskazaniem na sektory z dużym potencjałem do poprawy produktywności. To bardziej długoterminowe wyzwanie, dające potencjalnie wyższy zwrot niż skupienie na dużych podmiotach, ale w dłuższym horyzoncie czasowym. Mniejsze firmy rzadziej mają wdrożone nowoczesne narzędzia, ale też większe są wśród nich bariery dla unowocześniania procesów i wyższa awersja do ryzyka.

Tabela 1. Wskaźniki wykorzystywane do identyfikacji kluczowych sektorów z punktu widzenia wdrażania AI w Polsce

Wskaźnik	Uzasadnienie
Podstawowe wskaźniki	
Ujawniona przewaga komparatywna	Wskazuje na istniejącą przewagę danego kraju w produkcji danego dobra/usługi. Pozwala na wskazanie sektorów już istotnych gospodarczo i konkurencyjnych międzynarodowo. Wykorzystanie tego wskaźnika pozwala na wzmacnianie istniejących mocnych stron gospodarczych
Udział w całkowitym eksporcie	Pozwana na wskazanie sektorów, które mają istotny wkład w eksport i odrzucenie tych, których znaczenie jest niewielkie
Udział w wartości dodanej w gospodarce	Pozwala na wskazanie sektorów, które mają istotny wkład w eksport i odrzucenie tych, których znaczenie jest niewielkie
Udział krajowej wartości dodanej	Pozwala na wskazanie sektorów, które generują znaczną wartość dodaną w kraju oraz odrzucenie tych, w których polskie przedsiębiorstwa bazują głównie na zagranicznych komponentach
Sektor wysokiej techniki (tylko dla produkcji przemysłowej)	Istotne z punktu widzenia rozwijania zaawansowanej technologicznie produkcji w Polsce
Uwzględnienie w Polityce Promocji Gospodarczej Polski	Spójność z innymi strategiami i priorytetami gospodarczymi
Dopasowanie do Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS)	Spójność z innymi strategiami i priorytetami gospodarczymi
Obecność w strategiach AI innych krajów	Weryfikacja spójności z międzynarodowymi trendami

Dodatkowe wskaźniki	
Udział dużych firm w sektorze	Duże firmy w większym stopniu korzystają z nowoczesnych technologii, w tym sztucznej inteligencji. W związku z tym wysoki udział dużych firm w danym sektorze może wskazywać na jego znaczny potencjał pod kątem unowocześnienia
Udział MŚP w sektorze	Z kolei większy odsetek MŚP może wskazywać na większy dług technologiczny – wdrożenie AI miałoby w tym kontekście w większym stopniu wpłnąć na przyspieszenie wzrostu produktywności
Istnienie klastrów lub sieci współpracy w sektorze	Szansa na lepsze wykorzystanie AI dzięki współpracy i nowym rozwiązaniom w całym łańcuchu produkcji

Źródło: opracowanie własne PIE.

Ostatnią propozycją jest **uwzględnienie sieci współpracy i klastrów branżowych**. Rozwój ekosystemu wokół firm innowacyjnych, budowa sieci współpracy, wymiany doświadczeń, mogą przyspieszyć wdrażanie AI w polskiej gospodarce.

Sektory rekomendowane jako te, które powinny zostać objęte wsparciem w zakresie wykorzystania sztucznej inteligencji powinny spełniać większość kryteriów zero-jedynkowych oraz mieć wysokie wartości we wskaźnikach ciągłych. Szczegółowy opis wskaźników znajduje się w aneksie 1.

Wyróżniające się branże przemysłowe

Jako branże o potencjalnie większym znaczeniu gospodarczym identyfikujemy sześć sektorów, obejmujących 14 działów PKD. Wskazane przez nas działy cechują się znaczącym udziałem produktów o ujawnionej przewadze komparatywnej oraz istotnym udziale w eksporcie krajowym (67,8 proc.). Jednocześnie jednak zróżnicowany jest w nich poziom krajowej wartości dodanej – od 46,1 proc. w przypadku produkcji komputerów i urządzeń elektronicznych do 72,9 proc. w przypadku produkcji towarów spożywczych. Takie zróżnicowanie oddaje poziom globalizacji produkcji w różnych branżach, a także miejsce polskich firm w globalnych łańcuchach produkcji. Z kolei przyjęte w Polsce Krajowe Inteligentne Specjalizacje mają na tyle szeroki zakres, że każdy ze wskazanych sektorów można przypisać do przynajmniej jednej z nich. Wskazane sektory pasują również do priorytetów wskazywanych w strategii promocji eksportu (MRiT, 2025a; 2025b). Z kolei biorąc pod uwagę produkty wysokiej techniki należy zaznaczyć, że wskazane sektory zawierają produkcję takich towarów jak sprzęt lotniczy, broń i amunicja czy urządzenia pomiarowe i kontrolne oraz cały dział związany z produkcją wyrobów chemicznych i farmaceutycznych (wszystkie są klasyfikowane jako produkty wysokiej techniki).

Ramka 2. Wybrane przykłady zastosowań sztucznej inteligencji w obszarach przemysłowych

Wdrożenie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji w przemyśle to złożony proces, który wymaga wytworzenia własnych rozwiązań w procesie badawczo-rozwojowym lub integracji gotowych narzędzi z istniejącymi systemami. W przypadku skutecznie przeprowadzonego wdrożenia, rozwiązania oparte na AI oferują szerokie możliwości dla przemysłu (GRAI, 2024a, 2024b), w tym między innymi:

- **predykcyjne utrzymanie ruchu** (*predictive maintenance)* – analiza danych z czujników w celu przewidywania awarii i planowania serwisu. Pozwala na obniżenie kosztów przez zmniejszenie liczby awarii oraz skrócenie czasu przestojów w produkcji. Ma potencjał do zastosowania we wszystkich branżach, które wykorzystują maszyny i instalacje, jeśli ich awaria wiąże się ze stratami dla organizacji;
- **automatyczna kontrola jakości** – systemy (np. wizyjne) wspomagane AI wykrywają defekty i odchylenia od normy w czasie rzeczywistym. Pozwala zwiększyć dokładność kontroli jakości, jednocześnie uwalnia pracowników od wykonywania monotonnych zadań;
- **zarządzanie zapasami i łańcuchem dostaw** – zautomatyzowane prognozowanie popytu i planowanie logistyki przy użyciu algorytmów predykcyjnych. Umożliwia optymalne zarządzanie zapasami (istotne zarówno w przypadku produktów szybko psujących się, jak i zaawansowanych produktów przemysłowych, o złożonych łańcuchach dostaw), wykrywanie anomalii w zapasach czy prognozowanie skutków opóźnień w dostawach.

Źródło: opracowanie własne PIE.

Tabela 2. Priorytetowe branże przetwórstwa przemysłowego

PKD	Branża/produkt	Jaki proc. eksportu (towary o ujawnionej RCA)?	Krajowa wartość dodana (w proc.)	Jaki proc. wartości dodanej?	Czy wśród 15 sektorów Polityki promocji gospodarczej Polski?	Do których KIS pasuje?	Czy produkty wysokiej techniki?
10-12	**Przemysł spożywczy**	13,02	**72,9**	2,70	Tak	KIS2, KIS11	Nie
31	**Meble**	3,43	**70,5***	1,20*	Tak	KIS2, KIS11, KIS12	Nie
29-30	**Pojazdy i transport**	10,34	53,7	1,70	Tak	KIS6, KIS12, KIS13	Tak (częściowo, np. sprzęt lotniczy)
24, 25, 28	**Metale i produkty z metali**	15,74	52,9 (PKD 24) **67,9 (PKD 25)** **64,9 (PKD 28)**	4,00	Tak	KIS2, KIS5, KIS6, KIS11	Tak (częściowo, np. broń i amunicja)
26, 27	**Komputery i elektronika, urządzenia elektryczne**	14,23	46,1 (PKD 26) 54,6 (PKD 27)	1,70	Tak	KIS4, KIS6, KIS9	Tak (dodatkowo urządzenia pomiarowe, kontrolne i telekomunikacyjne)
20-22	**Chemia, farmacja, leki, tworzywa sztuczne**	11,04	**62,7 (PKD 20-21)** 60,1 (PKD 22)	2,70	Tak	KIS1, KIS3, KIS6, KIS11	Tak

* krajowa wartość dodana i wartość dodana przedstawiona dla działu PKD 31 odnoszą się do łącznej wartości dodanej działu 31 Produkcja mebli oraz działu 32 Pozostała produkcja wyrobów.

Źródło: opracowanie własne PIE.

Poniżej przedstawiamy krótki opis każdego z działów wyszczególnionych w powyższej tabeli.

- **Przemysł spożywczy** – eksport produktów spożywczych o ujawnionych przewagach odpowiada za 13,02 proc. polskiego eksportu towarów. Przemysł ten stanowi 2,7 proc. wartości dodanej do gospodarki i jest w dużej mierze wynikiem krajowych łańcuchów produkcji (72,9 proc. krajowej wartości dodanej). Rozwój tej branży odpowiada zarówno priorytetom eksportowym MRiT, jak i KIS, ma charakter strategiczny z perspektywy zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego. Jest to sektor o niskim zaawansowaniu technicznym.
- **Produkcja pojazdów i sprzętu transportowego** – produkty tego sektora o ujawnionych przewagach odpowiadają za 10,34 proc. eksportu towarów z Polski. Najsilniejszy jest obszar produkcji części i akcesoriów do pojazdów, który odpowiada za 5,69 proc. całkowitego eksportu towarów. Branże: motoryzacyjna; statków, jachtów i łodzi; pojazdów szynowych są wskazywane przez MRiT jako obszary o wysokim potencjale eksportowym. W tym dziale PKD znajduje się również produkcja statków kosmicznych oraz produkcja pojazdów wojskowych. Sektor ten pasuje do KIS, a jego elementy są klasyfikowane jako produkty wysokiej techniki. Ma on dość niską krajową wartość dodaną (53,7 proc.), co wynika z udziału w międzynarodowych łańcuchach wartości i dużej obecności podmiotów zagranicznych.
- **Przemysł meblarski** – odpowiada on za 3,43 proc. eksportu towarów z Polski. Charakteryzuje się dużym udziałem krajowej wartości dodanej (70,5 proc.). Jest wskazany przez MRiT jako obszar o dużym potencjale eksportowym oraz wpasowuje się w KIS. Jest to obszar o niskim zaawansowaniu technicznym.
- **Produkcja metali, produktów z metali i maszyn** – eksport produktów przemysłowych z tego obszaru, w których Polska wykazuje przewagi handlowe, odpowiada za 15,74 proc. eksportu towarów, a sam obszar odpowiada za 4 proc. wartości dodanej. Jego krajowa wartość dodana waha się w zależności od działu PKD (dział 24 – 52,9 proc., dział 25 – 67,9 proc., dział 28 – 64,9 proc.), ale należy zwrócić uwagę na dość duży udział zagranicznej wartości dodanej w sektorze, wynikającej z umiędzynarodowienia produkcji. Obszar odpowiada KIS, a jego elementy (np. broń i amunicja) zalicza się do produktów wysokiej techniki.
- **Produkcja komputerów, elektroniki i urządzeń elektrycznych** – udział produktów z ujawnionymi przewagami stanowi 14,23 proc. całkowitego eksportu towarów, a całość obszaru odpowiada za 1,7 proc. wartości dodanej do gospodarki. Krajowa wartość dodana obszaru to zaledwie 51,7 proc. (dział 26 – 46,1 proc., dział 27 – 54,7 proc.) co wskazuje na silny udział zagranicznych podmiotów i brak pełnego udziału Polski w łańcuchach wartości. Produkty tego obszaru (w tym urządzenia kontrolne, pomiarowe i telekomunikacyjne) są zaliczane do wyrobów wysokiej techniki, pasują do priorytetów eksportowych MRiT oraz odpowiadają KIS.

- **Wytwórstwo produktów chemicznych, farmakologicznych, leków i tworzyw sztucznych** – silny obszar polskiej gospodarki, z udziałem produktów o ujawnionych przewagach eksportowych na poziomie 11,04 proc. w całości eksportu i 2,7 proc. wartością dodaną do gospodarki. Udział w krajowej wartości dodanej (62,7 proc. dla działów PKD 20-21; 60,1 proc. dla działu PKD 22) wskazuje na umiędzynarodowienie łańcuchów wartości i dużą obecność podmiotów zagranicznych w tym obszarze. Jest to obszar pasujący do priorytetów eksportowych MRiT i KIS, a jego produkty są klasyfikowane jako wyroby wysokiej techniki.

Wyróżniające się branże usługowe

Wśród branż usługowych wskazaliśmy trzy, obejmujące w sumie jedną całą sekcję PKD (H) oraz 15 działów. Odpowiadają one za 69,91 proc. całkowitego polskiego eksportu usług.

Tabela 3. Priorytetowe branże usługowe

PKD	Branża/produkt	Jaki proc. eksportu?	Krajowa wartość dodana (w proc.)	Jaki proc. wartości dodanej?	Czy wśród 15 sektorów eksportowych MRiT?	Do których KIS pasuje?
H	**Usługi transportu i magazynowania**	27,84	77,0	6,50	Nie	KIS6, KIS10, KIS11, KIS12
61-63	**Telekomunikacja, usługi komputerowe i informacyjne**	15,26	78,2 (PKD 61) 79,4 (PKD 62-63)	4,20	Tak	KIS9, KIS10, KIS11, KIS12
69-74, 78-82	**Inne usługi biznesowe**	26,81	86,7	7,60	Tak	KIS10, KIS11

Źródło: opracowanie własne PIE.

- **Usługi transportu i magazynowania** – usługi transportowe, w których Polska ma przewagi eksportowe, stanowią 27,84 proc. polskiego eksportu usług. Całość transportu i magazynowania odpowiada za 6,5 proc. wartości dodanej do gospodarki, a krajowa wartość dodana stanowi 77 proc. całej wartości. Nie są one wskazywane przez MRiT, ale pasują do KIS.
- **Telekomunikacja, usługi komputerowe i informacyjne** – usługi, w których Polska ma przewagi, odpowiadają za 15,26 proc. całego eksportu usług, a obszar generuje 4,2 proc. wartości dodanej do gospodarki. Opisywane usługi charakteryzują się krajową wartością dodaną na poziomie 78,2 proc. dla działu PKD 61 i 79,4 proc. dla

działów PKD 62-63. W ich skład wchodzą usługi IT, działalność telekomunikacyjna i centrów danych. Do tej kategorii należą też gry komputerowe, tradycyjnie wskazywane jako polska specjalizacja. Sektor ten odpowiada priorytetom eksportowym MRiT oraz KIS.

- **Inne usługi biznesowe** – usługi o ujawnionych przewagach (z działów PKD 69-73 i 78-82) stanowią 26,81 proc. polskiego eksportu usług i generują 7,6 proc. wartości dodanej do gospodarki. Branża ta stoi przed wyzwaniem związanym z automatyzacją zadań, którego konsekwencje mogą być odczuwalne na rynku pracy. Jest ona elementem założeń eksportowych MRiT oraz pasuje do KIS.

Ramka 3. Wybrane przykłady zastosowań sztucznej inteligencji w branżach usługowych

Rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji mają szeroki potencjał zastosowania w branżach usługowych, usprawniają zarówno wewnętrzne procesy organizacji, jak również relacje z klientami. Wśród przykładów można wyszczególnić (GRAI, 2024b; www14; www15):

- **zarządzanie załadunkiem i przestrzenią ładunkową** – systemy algorytmiczne z elementami AI optymalizują proces załadunku i rozmieszczenia towarów. Ich celem jest ograniczenie pustych przestrzeni ładunkowych w transporcie;
- **zarządzanie magazynami i logistyką** – systemy wykorzystujące analizę obrazów, przewidywanie popytu, optymalizujące trasy przejazdu, pozwalają na automatyzację pracy magazynów, a także na ograniczenie kosztów i skrócenie czasu realizacji zamówień;
- **zautomatyzowana obsługa klienta** – *chatboty* i *voiceboty* oparte na dużych modelach językowych mogą stanowić wsparcie dla biur obsługi klienta, biur wsparcia czy działów sprzedaży. Takie rozwiązania umożliwiają obsługę klientów przez całą dobę oraz znajdują zastosowanie w usługach świadczonych zarówno klientom indywidualnym, jak i biznesowym;
- **rekomendacje treści i personalizacje usług** – algorytmy oparte na uczeniu maszynowym mogą proponować klientom treści dostosowane do ich preferencji, w celu poprawy doświadczenia klienta i zwiększenia sprzedaży;
- **analiza kodu w celu wskazywania błędów** – pozwala na szybsze dostarczanie produktów i odciąża programistów przy uciążliwych zadaniach przeglądania i poprawy napisanego kodu.

Źródło: opracowanie własne PIE.

4. Wyzwania przekrojowe

Koncepcja organizowania polityk publicznych wokół wielkich wyzwań, czy też misji, szczególnie dotyczący obszarów polityk związanych z pobudzaniem innowacyjności, wywodzi się z doświadczeń projektów Manhattan czy Apollo (Larrue, 2021). Podejście takie jest obecnie wykorzystywane w wielu krajach, w tym np. w ramach programu „Horyzont Europa" w Unii Europejskiej (www16), Singapurze (2023) czy w Wielkiej Brytanii (www17). W Polsce pojawiało się w projektach NCBiR (www18).

OECD (Larrue, 2021, s. 16) wskazuje, że dobrze określona polityka oparta na misji powinna obejmować kilka faz cyklu tworzenia innowacji (od badań do wejścia na rynek); wykorzystywać różne instrumenty (popytowe, podażowe, itp.); obejmować różne obszary polityk publicznych; być nakierowana na konkretne i ambitne cele; mieć określone ramy czasowe. Poniższe propozycje dają uzasadnienie do połączenia misji (które powinny być elementem szerszego, strategicznego spojrzenia na politykę gospodarczą) z rozwojem sztucznej inteligencji. **Rozwój AI może mieć bardzo istotne znaczenie w realizacji konkretnych misji w każdym z poniższych obszarów. Podobne podejście można znaleźć w dokumentach Wielkiej Brytanii, jednego z liderów w obszarze sztucznej inteligencji**. Autorzy *AI Opportunities Action Plan* (www19) wskazują, że biorąc pod uwagę tempo rozwoju możliwości sztucznej inteligencji technologie te mogą stać się bardzo ważnym narzędziem do realizacji pięciu misji zdefiniowanych na poziomie całego rządu.

W niniejszej publikacji nie określamy precyzyjnie poszczególnych misji i nie wyznaczamy konkretnych celów ani ram czasowych. W każdym z zaproponowanych przez nas obszarów można wskazać różne cele, w zależności od priorytetów określanych na szczeblu politycznym. Konkretne priorytety i kształt wyzwań (misji) powinny zostać wskazane w strategii rozwoju AI lub w węższych strategiach sektorowych.

Ochrona zdrowia

- **Ochrona zdrowia** jest sektorem krytycznym dla państwa. **Wykorzystanie sztucznej inteligencji w tym obszarze może przyczynić się do rozwoju badań naukowych, produkcji nowych leków, tworzenia nowych lub rozwoju istniejących firm, a także przynieść wymierne korzyści społeczne – poprawić diagnostykę, profilaktykę, skrócić kolejki do lekarzy**. Korzyści gospodarcze będą bezpośrednie

(rozwój firm z potencjałem eksportowym) oraz pośrednie (np. mniejsza liczba absencji w pracy, ograniczenie kosztów opieki zdrowotnej). Rozwijanie własnych rozwiązań medycznych opartych na AI może zapewnić niezależność technologiczną w obszarze kluczowym z perspektywy państwa.

Jest to równocześnie obszar wymagający działań na różnych poziomach stosu technologicznego – szczególnie w zakresie zbierania i analizy danych, budowania modeli i aplikacji, tworzenia i wykorzystania odpowiedniego sprzętu. Niezbędne są też odpowiednie standardy i etyczne podejście do wykorzystywania zebranych danych, a także nawigowanie w przepisach ograniczających swobodę pozyskiwania i przetwarzania danych oraz dopuszczanie produktu lub usługi do rynku. W zależności od konkretnego określenia wyzwania, kluczowe dla sukcesu może być dobre wykorzystania tzw. piaskownic regulacyjnych, w których mogłoby być testowane bezpieczeństwo nowych rozwiązań (np. pod kątem ochrony danych osobowych). Polska ma też odpowiednio liczną populację dla tworzenia tego typu rozwiązań na podstawie danych krajowych, a wykorzystanie AI w poprawie jakości ochrony zdrowia jest również elementem działań podejmowanych przy wsparciu środków z KPO (www20).

Obszar ten wpisuje się w działania europejskie (m.in. Europejska przestrzeń danych zdrowotnych), jest także obecny w strategiach wielu krajów. Według danych OECD (Galindo, Perset, Sheeka, 2021) porównujących zawartość strategii w obszarze AI dla 21 krajów, ochrona zdrowia została wskazana jako priorytet we wszystkich.

W rozmowach z ekspertami prowadzonych na potrzeby niniejszego tekstu również omawiany obszar był powszechnie wskazywany jako ten, w którym wykorzystanie AI może przynieść szczególnie pozytywne skutki.

Obronność i odporność

Zapewnienie bezpieczeństwa (i szerzej rozumianej odporności społecznej) jest kluczowe z punktu widzenia Polski i UE, szczególnie w przypadku zagrożeń wynikających z agresywnej polityki rosyjskiej oraz pozycji Polski na wschodniej flance NATO. **Wykorzystanie sztucznej inteligencji może dotyczyć zarówno technologii stricte wojskowych, technologii podwójnego zastosowania, wzmacniania cyberbezpieczeństwa, jak i innych obszarów. Tworzenie AI na potrzeby obronności może przynieść korzyści dla rozwoju nauki, polskich przedsiębiorstw oraz stworzyć potencjał eksportowy, np. na podstawie rozwiązań podwójnego zastosowania i systemów cyberbezpieczeństwa**. Rozwój tego typu zastosowań wpisuje się w obecny zwrot w polityce UE, jest także zgodny ze wzmacnianiem konkurencyjności UE. Obszar technologii podwójnego zastosowania jest wskazywany jako jeden z obiecujących sektorów w kontekście wzmacniania innowacyjności w UE, m.in. w raporcie Draghiego (2024). Z kolei raport Niinistö (2024) podkreśla defensywną

i proaktywną motywację do wykorzystywania technologii sztucznej inteligencji. Wskazuje na konieczność ograniczenia istniejących zależności i unikania popadania w nowe (motywacja defensywna). Z kolei jako przykład budowania odporności na poziomie lokalnym podaje się rozwój koncepcji inteligentnych miast (*smart cities*), w których, dzięki wykorzystaniu algorytmów sztucznej inteligencji, poprawi się zarządzanie infrastrukturą krytyczną, ograniczone zostaną ryzyka awarii, a działania w sytuacjach kryzysowych będą lepiej skoordynowane.

Wzmocnienie bezpieczeństwa i odporności wymaga działań we wszystkich warstwach stosu technologicznego. Z punktu widzenia wykorzystania w zastosowaniach obronnych, kluczowy jest specjalistyczny sprzęt, bezpieczne i niezawodne sieci łączności, dostosowane modele (w tym specjalistyczne i małe modele) oraz oczywiście aplikacje. Standardy bezpieczeństwa muszą być przestrzegane na najwyższym poziomie. Dla rozwoju technologii podwójnego zastosowania oraz technologii wojskowych konieczne są znaczące inwestycje kapitałowe – czy to bezpośrednio ze środków budżetowych, czy za pośrednictwem wyspecjalizowanych instytucji (np. EBI, DIANA).

Energetyka

Systemy sztucznej inteligencji w sektorze energetycznym stanowią element transformacji systemowej, umożliwiający optymalizację zarządzania sieciami dystrybucyjnymi oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju. Wdrożenie AI w energetyce dotyczy wielu warstw stosu technologicznego, a także wielu typów usług. Większe wykorzystanie czujników – w tym rozwój inteligentnych sieci (*smart grids*) – może być podstawą do lepszego prognozowania popytu i idącego za tym bardziej efektywnego zarządzania sieciami energetycznymi. Algorytmy mogą również poprawiać przewidywanie pogody, co przekłada się na prognozowanie poziomu produkcji energii z OZE. Precyzyjne prognozowanie zapotrzebowania na energię oraz efektywne integrowanie rozproszonych źródeł energii odnawialnej przekładają się na redukcję kosztów operacyjnych i minimalizację strat przesyłowych. Jest to szczególnie istotne w Polsce, ponieważ ceny energii są tu jednymi z najwyższych w UE, co może być istotną barierą dla rozwoju niektórych sektorów gospodarki. Wraz ze wzrostem udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym, wykorzystanie zaawansowanych algorytmów stanie się niezbędne do zapewnienia stabilności systemu, przez prognozowanie wahań popytu i podaży. Jednak rozwój AI oznacza nie tylko szanse, ale też ryzyka związane ze zwiększonym zużyciem energii elektrycznej. W przypadku naszego kraju oznacza to pogłębienie obecnych wyzwań Polski związanych z tempem i kosztami transformacji energetycznej, ponieważ centra danych będą potrzebować w coraz większym stopniu stabilnych dostaw energii ze źródeł niskoemisyjnych.

Jednocześnie w obszarze energetyki należy wskazać powiązania z innymi sektorami gospodarki – jak chociażby budownictwem. Zwiększenie efektywności energetycznej budynków przełoży się na mniejsze zużycie energii w całym systemie (GRAI, 2024a).

Podsumowanie

Proponowane podejścia do identyfikacji obszarów kluczowych dla rozwoju i wykorzystania sztucznej inteligencji w Polsce zawierają analizę tej technologii na różnych, chociaż przecinających się poziomach. Wykorzystany model stosu technologicznego wskazuje na potrzebę zastanowienia się nad możliwościami wytwarzania własnych rozwiązań AI w Polsce oraz poszukiwania miejsca polskich podmiotów w regionalnych i globalnych łańcuchach wytwarzania technologii. **Świadomość zależności oraz samodzielne wytwarzanie lub udział w procesach tworzenia hardware, infrastruktury i oprogramowania mają znaczenie strategiczne i przyczyniają się do wzmacniania suwerenności technologicznej**. W praktyce oznacza to drogę do przynajmniej częściowego uniezależnienia się od dostawców spoza Polski i spoza Unii Europejskiej (co wzmacnia naszą odporność w sytuacji kryzysowej), tworzenie lokalnego *know-how*, a także może być magnesem przyciągającym utalentowanych naukowców do Polski. Refleksja nad miejscem Polski w poszczególnych warstwach stosu technologicznego jest więc strategicznie kluczowa, choć częściowo niezwiązana z krótkoterminowymi korzyściami ekonomicznymi.

Najwyższa warstwa stosu technologii AI – warstwa aplikacji – jest natomiast bliższa podejściu skupionemu na identyfikacji sektorów polskiej gospodarki, mających potencjał do wdrażania rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji. Działania w tej warstwie mają największy potencjał krótkoterminowego wzrostu produktywności firm i całej gospodarki i skupiają się na przyspieszaniu wdrażania rozwiązań końcowych, w gospodarce, w której cały czas poziom cyfryzacji firm jest na niezadowalającym poziomie. **Wychodzimy z założenia, że negatywne skutki zaniechań we wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań opartych na AI mogą obniżyć konkurencyjność polskich podmiotów i ograniczać ich przewagi eksportowe, jak i negatywnie wpłynąć na możliwości konkurowania z bardziej innowacyjnymi, zagranicznymi firmami na polskim rynku**. W naszej ocenie budowanie kompetencji wdrożeniowych, dostosowanie procesów organizacyjnych oraz zmiana postrzegania technologii AI przez firmy jest istotna dla procesu budowania dojrzałości cyfrowej w Polsce i pozwala uniknąć nawarstwiania się długu technologicznego.

Zidentyfikowane wyzwania przekrojowe przenikają przez wszystkie warstwy stosu technologicznego, łączą także działania w różnych sektorach gospodarki. Ma to doprowadzić do **określenia strategicznych priorytetów rozwoju naszego kraju oraz wykorzystania sztucznej inteligencji jako wsparcia w ich realizacji**. Proponowane przez nas wyzwania nie narzucają wykorzystania konkretnych zastosowań technologii, zaś AI jest tylko jednym z narzędzi, które powinny być wykorzystane do ich rozwiązania. Naszym celem jest raczej zwrócenie uwagi na kwestie o charakterze systemowym oraz wskazanie kierunków i uzasadnienia dla długoterminowej polityki innowacyjnej państwa.

Zebrane wnioski tworzą podstawę do rekomendacji, wskazujących możliwe kierunki polityki publicznej w obszarze AI, uwzględniających zarówno perspektywę strategiczną, jak i operacyjną.

Rekomendacje

Rekomendacja 1. **Strategiczne podejście do tworzenia nisz w ramach stosu technologicznego sztucznej inteligencji, poprzez identyfikację wąskich gardeł, zależności oraz istniejącego potencjału w poszczególnych warstwach stosu**. Przykładem takich działań było wsparcie dla inwestycji firmy Intel w budowie zakładu w Małkini (wpisującego się w lukę w stosie technologicznym w Europie na poziomie *hardware*). Innym może być wspieranie rozwoju polskich modeli językowych; wsparcie dla firm z sektora kosmicznego i sektora obronności; wsparcie dla certyfikacji usług chmury obliczeniowej w sposób promujący polskich lub europejskich dostawców.

> **Rekomendacja 1a.** Przeznaczenie nakładów na rozwój elementów wertykalnych, przenikających wszystkie warstwy stosu – wsparcie dla tworzenia i wdrażania standardów, dostępu do wysokiej jakości danych, rozwoju kompetencji wśród kadr oraz wzmocnienia badań naukowych. **Każdy z tych obszarów wymaga odrębnych działań, które powinny być powiązane z głównym celem, jakim jest zajmowanie strategicznych pozycji w ramach stosu technologicznego przez polskie przedsiębiorstwa**. Przykładowo może to oznaczać finansowanie grantów badawczych nakierowanych na daną warstwę stosu (np. technologie podwójnego zastosowania) czy otwieranie danych z konkretnego obszaru (np. energetyka, ochrona zdrowia).
>
> **Rekomendacja 1b.** **Wykorzystanie potencjału zamówień publicznych i spółek skarbu państwa do pobudzania rozwoju firm w poszczególnych warstwach stosu technologicznego**. Przykładem mogą być zamówienia na usługi chmurowe kierowane do firm polskich lub europejskich, wdrażanie oprogramowania czy konkursy na innowacyjne urządzenia.

Rekomendacja 2. Sztuczna inteligencja, jako technologia ogólnego zastosowania, ma potencjał zmiany w zasadzie wszystkich sektorów gospodarki. W związku z tym **określenie kluczowych sektorów powinno mieć miejsce w horyzontalnych dokumentach rządowych** – wieloletnich strategiach rozwoju, strategiach wspierania innowacyjności czy eksportu. Jednym z wyznaczników mogą być istniejące silne strony gospodarcze – wspieranie takich sektorów może przynieść większe korzyści niż szukanie wyłącznie nowych obszarów wsparcia. Wsparciem dla identyfikacji tychże sektorów mogą być wskaźniki gospodarcze zaproponowane w niniejszym opracowaniu. Węższa **strategia poświęcona rozwojowi AI w Polsce powinna skupiać się na wykorzystaniu sztucznej inteligencji w sektorach zidentyfikowanych wcześniej jako istotne dla rozwoju społeczno-gospodarczego kraju**.

Rekomendacja 2a. Stworzenie mechanizmu bieżącego monitorowania rozwoju AI i wykorzystania w poszczególnych sektorach gospodarki (Rzeźnik, 2023). Takie działanie pomoże przygotować się na zmiany w możliwościach AI, a także na potencjalne wyłonienie się sektorów, w których wykorzystanie tych technologii będzie szczególnie istotne.

Rekomendacja 3. Określenie wielkich wyzwań społeczno-gospodarczych jako projektów ogniskujących część działalności badawczo-rozwojowej oraz polityki przemysłowej rządu. W ramach tych wyzwań powinno być przewidziane finansowanie wykorzystania sztucznej inteligencji dla osiągnięcia celów. Proponowane obszary, w których takie wyzwania należy wskazać, to ochrona zdrowia, bezpieczeństwo i odporność, energetyka.

Aneks 1. Metodologia wyznaczania wskaź-ników

UJAWNIONE PRZEWAGI KOMPARATYWNE

Wskaźnik ujawnionej przewagi komparatywnej (RCA) opiera się na ricardiańskiej teorii handlu i ma za zadanie identyfikację przewag w produktywności na podstawie obserwowanych wzorców w handlu międzynarodowym (www21). Mimo że wskaźnik pomija istotne dla konkurencyjności elementy, takie jak cła, środki pozataryfowe, subsydia i inne, może być wykorzystywany do wskazania na uogólnionym poziomie konkurencyjności poszczególnych obszarów gospodarki kraju.

Wskaźnik ujawnionej przewagi komparatywnej (RCA), dla kraju A i produktu lub usługi oblicza się wzorem:

$$RCA_{Ai} = \frac{\frac{X_{Ai}}{\sum_{j \in P} X_{Aj}}}{\frac{X_{Wi}}{\sum_{j \in P} X_{Wj}}} \geq 1,$$

gdzie:

- P – zbiór wszystkich towarów lub usług,
- X_{Ai} – eksport towaru lub usługi i z kraju A,
- X_{Wi} – eksport towaru lub usługi i przez kraje świata,
- $\sum_{j \in P} X_{Aj}$ – całkowity eksport kraju A (wszystkich towarów lub usług j w P),
- $\sum_{j \in P} X_{Wj}$ – całkowity światowy eksport (wszystkich towarów lub usług j w P).

Wskaźniki ujawnionych przewag komparatywnych w handlu towarami pochodzi z bazy danych UNCTAD (www21). Dane UNCTAD podane są na poziomie produktów zgodnie z klasyfikacją SITC Rev.3 (Standardową Klasyfikacją Handlu Międzynarodowego, wersja 3). Dostępny jest podział na 231 grup produktowych. przypisanie produktów do klas i działów klasyfikacji PKD zostało dokonane na podstawie oceny eksperckiej oraz przybliżenia wykonanego przy użyciu generatywnej sztucznej inteligencji (OpenAI Chat GPT-o1).

Wskaźniki ujawnionych przewag komparatywnych w handlu usługami zostały obliczone zgodnie ze wzorem na podstawie danych handlowych pochodzących z bazy danych Światowej Organizacji Handlu (www22).

Dane WTO podane są na poziomie usług i zagregowanych grup usług zgodnie z klasyfikacją BOP6 (Balance of Payments and International Investment Position Manual, 6th Edition). Dostępne dane umożliwiły obliczenie wskaźników dla 40 usług i grup usług na różnym poziomie agregacji. przypisanie produktów do klas i działów klasyfikacji PKD zostało dokonane na podstawie oceny eksperckiej oraz przybliżenia wykonanego przy użyciu generatywnej sztucznej inteligencji (OpenAI Chat GPT-o1).

UDZIAŁ W CAŁKOWITYM EKSPORCIE

Wskaźnik udziału towarów lub usług wykazujących ujawnione przewagi komparatywne w całkowitym eksporcie kraju umożliwia przybliżoną ocenę znaczenia poszczególnych towarów i usług dla gospodarki. Po dokonaniu kalkulacji łącznego udziału produktów lub usług o ujawnionych przewagach komparatywnych, ze względu na przyporządkowane im sekcje PKD, dokonano przybliżonej oceny, które obszary gospodarki kraju stanowią największy wkład do całości eksportu.

Udział w całkowitym eksporcie został obliczony poprzez podzielenie sumy wartości eksportu poszczególnych produktów lub usług, przyporządkowanych sekcjom PKD, podzieloną przez sumą całkowitej wartości eksportu towarów lub usług. W ten sposób otrzymano wskaźniki udziału poszczególnych sekcji PKD, w których Polska wykazuje ujawnione przewagi komparatywne, w całkowitym eksporcie.

UDZIAŁ W WARTOŚCI DODANEJ W GOSPODARCE

Wskaźnik wartości dodanej określa udział danego sektora w łącznej wartości dodanej generowanej przez całą gospodarkę narodową. Dane pochodzą z Eurostatu i są dostępne na poziomie sekcji PKD lub ich agregatów. Wskaźnik ten służy do oceny względnego znaczenia sektorów w strukturze gospodarki i umożliwia identyfikację obszarów o największym wkładzie w tworzenie PKB.

UDZIAŁ KRAJOWEJ WARTOŚCI DODANEJ

Wskaźnik udziału krajowej wartości dodanej pochodzi z bazy danych OECD TiVA (Trade in Value-Added) i jest oparty na klasyfikacji SITC Rev.4. Uwzględnia wartość dodaną wygenerowaną w kraju w relacji do całkowitej wartości eksportowanego produktu. W kontekście zglobalizowanych łańcuchów dostaw pozwala to lepiej ocenić faktyczny wkład krajowej gospodarki w wartość eksportu. Wysoki udział krajowej wartości dodanej wskazuje na silniejszą obecność kompetencji, technologii i produkcji zlokalizowanej w kraju.

WYROBY WYSOKIEJ TECHNIKI (TYLKO DLA PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ)

Ocena obecności produktów klasyfikowanych jako wyroby wysokiej techniki w analizowanych sekcjach PKD daje pogląd na zaawansowanie techniczne i potencjał badawczo-rozwojowy przytaczanych obszarów gospodarki.

Zgodnie z definicją stosowaną przez Główny Urząd Statystyczny, wyroby wysokiej techniki to wyroby odznaczające się wysoką tzw. intensywnością B+R (*RD intensity*). Jako mierniki intensywności B+R wykorzystuje się:

- relację nakładów bezpośrednich na działalność B+R do wartości produkcji (sprzedaży),
- relację nakładów bezpośrednich na działalność B+R powiększonych o nakłady pośrednie „wcielone" w dobrach inwestycyjnych i półwyrobach do wartości produkcji (sprzedaży) (www23).

UWZGLĘDNIENIE W POLITYCE PROMOCJI GOSPODARCZEJ POLSKI

Wskaźnik odnosi się do obecności danego sektora w dokumentach *Polityki Promocji Gospodarczej Polski* (MRiT, 2025a, 2025b). Umożliwia ocenę zgodności priorytetów w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji z istniejącymi kierunkami polityki gospodarczej państwa i wskazuje na potencjał synergii między wsparciem dla AI a realizowanymi już działaniami eksportowymi i promocyjnymi.

DOPASOWANIE DO KRAJOWYCH INTELIGENTNYCH SPECJALIZACJI (KIS)

Wskaźnik określa zgodność sektorów potencjalnie priorytetowych dla rozwoju AI z Krajowymi Inteligentnymi Specjalizacjami (KIS) (www2), które obowiązują od 13.02.2023 r. Weryfikacja została przeprowadzona na podstawie dopasowania produktów przypisanych do analizowanych sekcji PKD do celów i zakresów tematycznych określonych w dokumentach KIS. Pozwala to ocenić, na ile rekomendowane obszary wpisują się w już istniejące priorytety strategiczne państwa.

OBECNOŚĆ W STRATEGIACH AI INNYCH KRAJÓW

Wskaźnik opiera się na analizie strategii rozwoju sztucznej inteligencji oraz strategii przemysłowych uwzględniających AI, przygotowanych przez państwa inne niż Polska. Pozwala ocenić czy sektory wskazane jako priorytetowe dla rozwoju AI w Polsce pojawiają się również w dokumentach strategicznych innych krajów oraz na jakim poziomie szczegółowości sektorowej operują te strategie. Analiza ta stanowiła również materiał eksploracyjny na etapie formułowania rekomendacji i umożliwiła identyfikację zbieżnych kierunków rozwoju oraz weryfikację spójności naszych propozycji z międzynarodowymi trendami.

UDZIAŁ DUŻYCH FIRM W SEKTORZE

Wskaźnik odzwierciedla udział dużych przedsiębiorstw w strukturze danego sektora gospodarki. W warunkach polskich, w których liczba dużych firm jest ograniczona, ich obecność ma istotne znaczenie ze względu na skalę działalności, potencjał inwestycyjny oraz zdolność do prowadzenia prac B+R. Sektory z większym udziałem dużych firm mają większe szanse na wdrażanie rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji ze względu na dostęp do kapitału, zasobów ludzkich i *know-how*. Duże przedsiębiorstwa w Polsce są zbliżone pod względem poziomu ucyfrowienia do przeciętnych podobnych przedsiębiorstw w Unii Europejskiej.

UDZIAŁ MŚP W SEKTORZE

Wskaźnik określa udział małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w danym sektorze gospodarki. MŚP stanowią zdecydowaną większość polskich przedsiębiorstw, jednak cechują się relatywnie niskim poziomem cyfryzacji i ograniczonymi zasobami inwestycyjnymi. Wysoki udział MŚP może wskazywać na większy „dług technologiczny" sektora oraz potrzebę wsparcia w zakresie wdrażania sztucznej inteligencji, szczególnie w kontekście barier kompetencyjnych i ograniczonej gotowości kadry zarządzającej do inwestowania w transformację cyfrową.

ISTNIENIE KLASTRÓW I SIECI WSPÓŁPRACY W SEKTORZE

Wskaźnik odnosi się do występowania zorganizowanych form współpracy w sektorze, takich jak klastry, sieci branżowe czy inicjatywy kooperacyjne. Obecność tych struktur zwiększa prawdopodobieństwo skutecznego wdrażania rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji – umożliwia dzielenie się wiedzą, wspólne inwestycje oraz integrację rozwiązań w łańcuchu wartości.

Wnioski z przeprowadzonych wywiadów wskazują, że współpraca między firmami w Polsce – szczególnie MŚP – jest ograniczona, a potencjał istniejących struktur (np. DIH-ów) często pozostaje niewykorzystany.

Bibliografia

Baranowski, M. (2025), *Dojrzałość cyfrowa warunkiem adopcji AI*, Tygodnik Gospodarczy PIE, nr 24, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Bradley, C., Chui, C., Russell, K., Ellingrud, K., Birshan, M., Chettih, S. (2024), *The next big arenas of competition, McKinsey Global Institute*, Washington DC.

Bria, F., Timmers, P., Gernone, F. (2025), *EuroStack: A European alternative for digital sovereignty*, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.

de Bellefonds, N., Charanya, T., Frank, M.C., Apotheker, J., Forth, P., Grabe, M., Luther, A., de Laubier, R., Lukic, V., Martin, M., Nopp, C., Sassine, J. (2024), *Where's the Value in AI?*, Boston Consulting Group, Boston.

Dipartimento per la transformacione digitale, AGID (2024), *Italian strategy for artificial intelligence 2024-2026*, Roma.

Draghi, M. (2024), *The Future of European Competitiveness Part B: In-depth analysis and recommendations*, Luxembourg.

Galindo, L., Perset, K., Sheeka, F. (2021), *An overview of national AI strategies and policies*, OECD Going Digital Toolkit Notes, No. 14, OECD Publishing, Paris.

GRAI (2024a), *Transformacja Polski dzięki wykorzystaniu inteligentnych rozwiązań cyfrowych,* Studium programu, Grupa robocza ds. Sztucznej Inteligencji przy Ministerstwie Cyfryzacji, Warszawa.

GRAI (2024b), *Rekomendacje merytoryczne do dokumentu „Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce 2025-2030*", Grupa robocza ds. Sztucznej Inteligencji przy Ministerstwie Cyfryzacji, Warszawa.

Jęcz, J. (2025), *Z góry widać lepiej. Perspektywy polskiego sektora obserwacji Ziemi*, Polityka Insight, Warszawa.

Komisja Europejska (2025), Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, *AI Continent Action Plan*, Bruksela.

Larrue, P. (2021), *The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 100, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/3f6c76a4-en.

MRiT (2024), *Advancing the digital transformation of Polish enterprises*. Current State Report, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Warszawa.

MRiT (2025a), *Polityka promocji gospodarczej Polski*, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Warszawa.

MRiT (2025b), *Polityka promocji gospodarczej Polski: Załącznik 1. Rynki priorytetowe dla poszczególnych branż oraz kierunki eksportowe dla 15 sektorów priorytetowych w perspektywie do 2029 r. w ramach programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki*, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Warszawa.

Ministerstwo Cyfryzacji (2025), *Polityka rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce do roku 2030. Projekt do konsultacji społecznych*, Warszawa.
Mishra, S., Koopman, R., De Prato, G., Rao, A., OsorioRodarte, I., Kim, J., Spatafora, N., Strier, K., Zaccaria, A. (2023), *AI specialization for pathways of economic diversifcation*, „Scientific Reports", No. 13(1), 19475.
Niinistö, S. (2024), *Safer Together – Strengthening Europe's Civilian and Military Preparedness and Readiness,* https://commission.europa.eu/topics/defence/safer-together-path-towards-fully-prepared-union_en [dostęp: 18.06.2025].
Rada Ministrów (2023), Uchwała nr 24 Rady Ministrów z dnia 21 lutego 2023 r. w sprawie ustanowienia programu rządowego pod nazwą „Program Rozwoju Kompetencji Cyfrowych", Warszawa, https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WMP20230000318/O/M20230318.pdf [dostęp: 6.06.2025].
Rząd Republiki Singapuru (2023), *Singapore National AI Strategy. AI for the Public Good. for Singapore and the World*, Singapore.
Rząd Włoch (2021), *Strategic Program on Artificial Intelligence 2022-2024*, Roma.
Rzeźnik, G. (red.) (2023), *Zastosowania sztucznej inteligencji w gospodarce. Przegląd wybranych inicjatyw i technologii z rekomendacjami dla przedsiębiorców*, Raport Tematyczny, nr 3, https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Raport-tematyczny_zastosowania_sztucznej_inteligencji_w_gospodarce_20230616.pdf [dostęp: 13.06.2025].
Rzeźnik, G., Kaczorowska-Spychalska, D. (2024), *Identyfikacja kluczowych obszarów dla rozwoju AI - koncepcja analizy*, Materiał wewnętrzny GRAI.

(www1) https://oecd.ai/en/ [dostęp: 6.06.2025].
(www2) https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/krajowe-inteligentne-specjalizacje [dostęp: 16.05.2025].
(www3) https://www.strategyand.pwc.com/uk/en/insights/genai.html?utm_source=chatgpt.com [dostęp: 12.06.2025].
(www4) https://cloudferro.com/cases/destination-earth-data-lake/ [dostęp: 12.06.2025].
(www5) https://xyz.pl/nvidia-pomoze-w-rozwoju-polskiego-ai-bielik-rozwinie-skrzydla-w-perplexity/ [dostęp: 12.06.2025].
(www6) https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/rozwoj-aplikacji-mobywatel-wazna-nowelizacja-ustawy-przyjeta-przez-rzad [dostęp: 12.06.2025].
(www7) https://www.pw.edu.pl/aktualnosci/sztuczna-inteligencja-w-walce-o-zdrowe-pluca-naukowcy-z-pw-pracuja-nad-systemem-xlungs [dostęp: 12.06.2025].
(www8) https://www.gov.pl/web/ai/polska-w-globalnym-partnerstwie-na-rzecz-sztucznej-inteligencji [dostęp: 12.06.2025].
(www9) https://www.pw.edu.pl/aktualnosci/centrum-wiarygodnej-sztucznej-inteligencji-na-pw-zainaugurowalo-swoja-dzialalnosc [dostęp: 12.06.2025].
(www10) https://gazeta.sgh.waw.pl/wspolpraca-z-otoczeniem/startuje-program-umiejetnosci-jutra-ai-google-i-sgh-wyszkola-10-000-firm-z [dostęp: 12.06.2025].

(www11) https://ai-heroes.pl/ [dostęp: 12.06.2025].
(www12) https://www.gov.pl/web/finanse/pfr-deep-tech-600-mln-zl-na-inwestycje-w-zaawansowane-technologie [dostęp: 12.06.2025].
(www13) https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/fabryka-ai-powstanie-w-poznaniu [dostęp: 12.06.2025].
(www14) https://www.salesforce.com/eu/service/ai/customer-service-ai/ [dostęp: 12.06.2025].
(www15) https://www.ibm.com/think/insights/ai-code-review [dostęp: 12.06.2025].
(www16) https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe_en [dostęp: 16.05.2025].
(www17) https://labour.org.uk/missions/ [dostęp: 16.05.2025].
(www18) https://wielkiewyzwanie.ncbr.gov.pl/ [dostęp: 16.05.2025].
(www19) https://www.gov.uk/government/publications/ai-opportunities-action-plan/ai-opportunities-action-plan [dostęp: 6.06.2025].
(www20) https://www.gov.pl/web/zdrowie/ruszyl-konkurs-na-cyfrowa-transformacje-ochrony-zdrowia [dostęp: 6.06.2025].
(www21) https://unctadstat.unctad.org/EN/RcaRadar.html [dostęp: 23.05.2025].
(www22) https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/statis_e.htm [dostęp: 23.05.2025].
(www23) https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/773,pojecie.html [dostęp: 23.05.2025].
(www24) https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5502/32/5/1/przedsiebiorstwa_niefinansowe_wg_rodzajow_i_miejsc_prowadz._dzialalnosci_2023.pdf [dostęp: 23.05.2025].

Spis ramek, schematów, tabel i wykresów

SPIS RAMEK

Ramka 1. Przykłady polskich nisz w ramach stosu AI 16

Ramka 2. Wybrane przykłady zastosowań sztucznej inteligencji w obszarach przemysłowych 21

Ramka 3. Wybrane przykłady zastosowań sztucznej inteligencji w branżach usługowych 25

SPIS SCHEMATÓW

Schemat 1. Stos technologiczny dla rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji 12

SPIS TABEL

Tabela 1. Wskaźniki wykorzystywane do identyfikacji kluczowych sektorów z punktu widzenia wdrażania AI w Polsce 19

Tabela 2. Priorytetowe branże przetwórstwa przemysłowego 22

Tabela 3. Priorytetowe branże usługowe 25

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Odpowiedź na pytanie: Jak Pan/i ocenia znaczenie potrzeby zwiększenia produktywności pracy przez wykorzystanie maszyn, urządzeń i sztucznej inteligencji (AI) przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych? (w proc.) 11

Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* ekonomiczny z historią sięgającą 1928 roku. Jego obszary badawcze to przede wszystkim makroekonomia, energetyka i klimat, handel zagraniczny, foresight gospodarczy, gospodarka cyfrowa i ekonomia behawioralna. Instytut przygotowuje raporty, analizy i rekomendacje dotyczące kluczowych obszarów gospodarki oraz życia społecznego w Polsce, z uwzględnieniem sytuacji międzynarodowej.

Polski
Instytut
Ekonomiczny